

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Atsushi KAWAMURA

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: IMAGING OPTICAL SYSTEM, IMAGE DISPLAY APPARATUS AND IMAGING OPTICAL APPARATUS

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.

☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY

Japan

APPLICATION NUMBER

2002-274724

MONTH/DAY/YEAR

September 20, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

☒ are submitted herewith

☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

☐ were filed in prior application Serial No. filed

☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number

Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and

☐ (B) Application Serial No.(s)

☐ are submitted herewith

☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

C. Irvin McClelland
Registration Number 21,124

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 9 月 2 0 日
Date of Application:

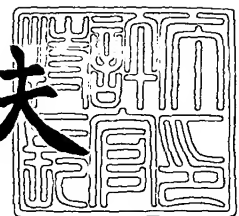
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 7 4 7 2 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 7 4 7 2 4]

出 願 人 株 式 会 社 リ コ ー
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 2 0 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 3 - 3 0 6 7 9 0 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 0203795

【提出日】 平成14年 9月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 1/19

【発明の名称】 画像表示装置および結像光学装置および画像表示装置用の結像光学系

【請求項の数】 19

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号・株式会社リコー内

【氏名】 川村 篤

【特許出願人】

【識別番号】 000006747

【氏名又は名称】 株式会社リコー

【代理人】

【識別番号】 100067873

【弁理士】

【氏名又は名称】 樺山 亨

【選任した代理人】

【識別番号】 100090103

【弁理士】

【氏名又は名称】 本多 章悟

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014258

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809112

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像表示装置および結像光学装置および画像表示装置用の結像光学系

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

微小な光変調部を 1 次元状に配列された光変調素子を物体とし、この光変調素子からの光束を物体光として導光し、像面上に 1 次元状に結像させる結像光学系であって、

光変調部の配列方向である V 方向と、物体面上で上記 V 方向と直交する H 方向とで異なる曲率半径を有するアナモフィック面を 2 面以上有し、上記 V 方向と H 方向との結像面が一致するように構成されたことを特徴とする結像光学系。

【請求項 2】

請求項 1 記載の結像光学系において、

2 面以上のアナモフィック面のうち少なくとも 1 面が、V 方向断面内に非円弧形状を有し、H 方向断面内の形状の曲率中心を V 方向に連ねた曲率中心線が曲線となる湾曲軸トロイダル面を有することを特徴とする結像光学系。

【請求項 3】

請求項 1 記載の結像光学系において、

2 面以上のアナモフィック面のうち少なくとも 1 面が、V 方向断面内に非円弧形状を持つと共に、H 方向断面が非円弧形状を有し、この H 方向断面の非円弧形状が V 方向の座標に応じて変化する形状であることを特徴とする結像光学系。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 または 3 記載の結像光学系において、

V 方向の結像倍率： M_v 、H 方向の結像倍率： M_h が条件：

$$(1) \quad |M_v / M_h| > 1$$

を満足することを特徴とする結像光学系。

【請求項 5】

請求項 4 記載の結像光学系において、

全系について、V 方向の主点位置が、H 方向の主点位置よりも光変調素子側に

設定されたことを特徴とする結像光学系。

【請求項 6】

請求項 1～5 の任意の 1 に記載の結像光学系において、

V 方向において、光変調素子側が略テレセントリックであることを特徴とする結像光学系。

【請求項 7】

請求項 1～6 の任意の 1 に記載の結像光学系において、

結像面側に絞りを有することを特徴とする結像光学系。

【請求項 8】

請求項 1～7 の任意の 1 に記載の結像光学系において、

結像系が複数枚のレンズにより構成され、

2 以上のレンズが、V 方向と H 方向とで異なる焦点距離を有し、全系の焦点距離が V 方向と H 方向とで異なり、同一の像面上で異なる結像倍率を有することを特徴とする結像光学系。

【請求項 9】

請求項 8 記載の結像光学系において、

結像面側に配置されるレンズの少なくとも 1 枚は、V 方向のパワー： P_{iv} 、H 方向のパワー： P_{ih} が、条件：

$$(2-1) \quad P_{iv} < P_{ih}$$

を満足し、光変調素子側に配置されるレンズの少なくとも 1 枚は、V 方向のパワー： P_{ov} 、H 方向のパワー： P_{oh} が、条件：

$$(2-2) \quad P_{ov} > P_{oh}$$

を満足することを特徴とする結像光学系。

【請求項 10】

請求項 1～9 の任意の 1 に記載の結像光学系を用い、光変調素子の微小な光変調部の 1 次元状の配列に対応する 1 次元状の像を、表示手段の表示面上に結像し、上記 1 次元状の像と表示面とを、上記 1 次元状の像の長手方向に直交する方向へ相対的に走査することにより、上記表示面に画像を表示することを特徴とする画像表示装置。

【請求項 11】

請求項 10 記載の画像表示装置において、

光変調素子が、R（赤）色の分光特性をもつ微小な光変調部を 1 次元状に配列してなる R 変調素子と、G（緑）色の分光特性をもつ微小な光変調部を 1 次元状に配列してなる G 変調素子と、B（青）色の分光特性をもつ微小な光変調部を 1 次元状に配列してなる B 変調素子とを、互いに近接して平行に配置されたものであることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 12】

請求項 11 記載の画像表示装置において、

1 次元状の像と表示面との相対的な走査方向における同一の画素結像位置上において、時間的にずらして R、G、B の色を重ねて色の合成を行うことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 13】

請求項 10～12 の任意の 1 に記載の画像表示装置において、

結像光学系による結像光束を偏向手段により偏向させることにより、1 次元状の像を平面状の表示面に対して走査し、

偏向走査される上記結像光束の像面を、上記偏向手段と上記表示面との間に配置された像面湾曲補正光学系により、上記表示面と実質的に合致させることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 14】

R（赤）色の分光特性をもつ微小な光変調部を 1 次元状に配列してなる R 変調素子と、G（緑）色の分光特性をもつ微小な光変調部を 1 次元状に配列してなる G 変調素子と、B（青）色の分光特性をもつ微小な光変調部を 1 次元状に配列してなる B 変調素子とを、互いに近接して平行に配置された光変調素子と、

この光変調素子における R 変調素子と G 変調素子と B 変調素子の各々からの光を共通の表示面上に 1 次元状に結像させる結像光学系とを有し、

少なくとも 1 色の結像光路の長さを、他の 2 色の結像光路の長さと所定距離異ならせることにより、色収差に起因する縦倍率の差を補正したことを特徴とする結像光学装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 記載の結像光学装置において、

R 変調素子、G 変調素子、B 変調素子のうちの 1 つと他の 2 つとが、結像光学系からの光軸上の物理的長さを異ならせて配置されていることを特徴とする結像光学装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 4 記載の結像光学装置において、

R 変調素子、G 変調素子、B 変調素子はそれぞれ、結像光学系からの光軸上の物理的長さが同じになるように各光変調部が同一平面に配列され、上記 R 変調素子、G 変調素子、B 変調素子の光偏向部の配列面に近接して透明平行平板が設けられ、上記 R 変調素子、G 変調素子、B 変調素子の 1 つに近接する透明平行平板の厚さを、他の 2 つに近接する透明平行平板の厚さと異ならせることにより、結像光路の長さを相互に補正したことを特徴とする結像光学装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 4 ～ 1 6 の任意の 1 に記載の結像光学装置において、

G 変調素子と B 変調素子に対する結像光路の長さが略等しく、R 変調素子の結像光路の長さが、G 変調素子と B 変調素子に対する結像光路の長さよりも長く設定されたことを特徴とする結像光学装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 4 ～ 1 7 の任意の 1 に記載の結像光学装置において、

G 変調素子が結像光学系の光軸近傍に配置され、R 変調素子と B 変調素子とが、H 方向において G 変調素子を挟むように配置されたことを特徴とする結像光学装置。

【請求項 1 9】

光変調素子の微小な光変調部の 1 次元状の配列に対応する 1 次元状の像を、表示手段の表示面上に結像し、上記 1 次元状の像と表示面とを、上記 1 次元状の像の長手方向に直交する方向へ相対的に走査することにより、上記表示面に画像を表示する画像表示装置において、

光変調素子と結像光学系とで構成される結像光学装置として、請求項 1 4 ～ 1

8の任意の1に記載の結像光学装置を用いたことを特徴とする画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、画像表示装置および結像光学装置および画像表示装置用の結像光学系に関する。この発明は、走査光学系や、液晶プロジェクタ、DMDプロジェクタ等の投影装置、車載ナビゲータ、各種表示装置、LEADプリンタ用結像光学系等に利用可能である。

【0002】

【従来の技術】

画像表示装置としては従来から、液晶パネル板等に表示された2次元画像を投影レンズによりスクリーン上に投影結像して表示する液晶プロジェクタ等が広く知られている。このような液層プロジェクタで、カラー画像を表示するものとしては、3枚の液層パネルにR（赤）、G（緑）、B（青）の各成分画像を表示し、これらに対応する色の照明光で照明して「画像に応じて空間的に変調された画像光」を得、各色画像光を合成して投影レンズでスクリーン上に投影結像させるものが広く知られている。

【0003】

このような画像表示装置は、表示すべき画像を液晶パネル板等に2次元的に表示するものであるため、画像を表示する「光変調素子」として液晶パネル等の2次元的なものを必要とするため、光変調素子の小型化が困難であり、そのため画像表示装置としてのコンパクト化も困難である。

【0004】

近来、液晶パネル板等に代わる光変調素子として「微小な光変調部を1次元に配列した光変調素子」を用い、これを物体として表示面上に「1次元状の像」を結像させ、この1次元状の像を「像の長手方向に直交する方向に高速で偏向走査し」て投影像を表示する画像表示装置が提案されている（非特許文献1参照）。

【0005】

また、微小な光変調部を1次元に配列した光変調素子で「反射性の膜を変形さ

せることにより反射光の向きを変化させて変調を行わせるもの」が知られている
(特許文献1 参照)。

【0006】

【特許文献1】

特開 2002-214550 号公報

【非特許文献1】

Calibration of a Scanned Liner GLV Projection System R.W.Corrigan etc
. Silicon Light Machines Fig.6 インターネット<<http://www.siliconlight.com/htmlpgs/glvtechframes/glvmainframeset.html>>

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

この発明は、上記の如き「微小な光変調部を1次元状に配列した光変調素子」からの光を表示面に結像させるのに適した結像光学系、この結像光学系と上記光変調素子を用いる画像表示装置、カラー画像の表示に適した結像光学装置、この結像光学装置を用いる画像表示装置の実現を課題とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

この発明の結像光学系は「微小な光変調部を1次元状に配列された光変調素子を物体とし、この光変調素子からの光束を物体光として導光し、像面上に1次元状に結像させる結像光学系」である。

【0009】

「光変調素子」は、微小な光変調部を1次元状に配列したものであるが、「微小な光変調部」の個々は、画像信号を光強度の変化に変換する機能を有する。即ち、微小な光変調部は画像信号に応じて発光強度を変調させる「自己発光型」のものであることもあるし、自らは発光することなく光源からの光を反射あるいは透過させ、透過光や特定方向への反射光の光強度を画像信号に応じて変調させる変調専用の「自己非発光型」のものであることもできる。

【0010】

「自己発光型」の光変調素子としてはLDアレイやLEDアレイを例示するこ

とができる。また「自己非発光型」のものとしては、マイクロミラーを1次元状にアレイ配列したマイクロミラーアレイデバイスや、液晶シャッタを1次元状にアレイ配列したもの等を例示することができる。

【0011】

光変調素子においては「微小な光変調部が1次元状に配列される」が、ここに微小な光変調部の配列が1次元状であるとは、これらの配列が直線状であることを意味する。直線状の配列は1列配列であることも可能であるが、複数列であってもよい。全体として見たときに1次元的であればよい。特に、カラー画像を表示する場合には、カラー画像を構成するための3原色の成分に応じて、微小な光発光部を直線状に3列に互いに近接させた配置とすることができる。

【0012】

「結像光学系」は、光変調素子におけるこのような光変調部により変調された1次元的な変調状態を、像面上に「1次元状に結像」させる光学系であり、請求項1記載のものは以下の如き特徴を有する。

【0013】

微小な光変調部の配列方向を「V方向」、光変調素子における光変調部の配列された面（結像光学系による結像において「物体面」となる面）上でV方向と直交する方向を「H方向」と呼ぶ。光変調素子から結像光学系による像面に至る光路上の任意の位置において、上記V方向、H方向に平行的に対応する方向についてもV方向およびH方向という。従って、V方向・H方向は結像光学系についても用いられる。

【0014】

請求項1記載の結像光学系は「V方向とH方向とで曲率半径の異なるアナモフィック面を2面以上有し、V方向とH方向との結像面が一致するように構成された」ことを特徴とする。

【0015】

請求項1記載の結像光学系における2面以上のアナモフィック面のうち少なくとも1面は「V方向断面内に非円弧形状を有し、H方向断面内の形状の曲率中心をV方向に連ねた曲率中心線が曲線となる湾曲軸トロイダル面（以下、この面を

「WT面」と呼ぶ)を有することができる(請求項2)。

【0016】

「V方向断面」は上記アナモフィック面を「V方向に平行で光軸を含む仮想的な平断面」で仮想的に切断した断面であり、「H方向断面」は上記アナモフィック面を「V方向に直交する仮想的な平断面」で仮想的に切断した断面である。V方向断面はアナモフィック面の光軸を含むので一義的に定まるが、H方向断面はV方向に無数にある。

【0017】

請求項1記載の結像光学系における2面以上のアナモフィック面のうち少なくとも1面は「V方向断面内に非円弧形状を持つとともに、H方向断面が非円弧形状を有し、このH方向断面の非円弧形状がV方向の座標に応じて変化する形状(以下、この面を「XZ非円弧面」と呼ぶ)」とすることができる(請求項3)。

【0018】

上記請求項1または2または3記載の結像光学系は、V方向の結像倍率： M_v 、H方向の結像倍率： M_h が条件：

$$(1) \quad |M_v / M_h| > 1$$

を満足することが好ましい(請求項4)。この請求項4記載の結像光学系は「全系について、V方向の主点位置が、H方向の主点位置よりも光変調素子側に設定された」ものであることが好ましい(請求項5)。

【0019】

請求項1～5の任意の1に記載の結像光学系は「V方向において、光変調素子側が略テレセントリックである」ことが好ましい。

【0020】

請求項1～6の任意の1に記載の結像光学系は「結像面側に絞りを有する」ことができる(請求項7)。

【0021】

請求項1～7の任意の1に記載の結像光学系は「結像系が複数枚のレンズにより構成され、2以上のレンズがV方向とH方向とで異なる焦点距離を有し、全系の焦点距離がV方向とH方向とで異なり、同一の像面上で異なる結像倍率を有す

る」ものであることができる（請求項 8）。

【0022】

「結像系」は、結像光学系において例えば上記「絞り」等を除いた「結像機能を有する部分」を言う。

【0023】

請求項 8 記載の結像光学系は、結像面側に配置されるレンズの少なくとも 1 枚につき、V 方向のパワー： P_{iv} 、H 方向のパワー： P_{ih} が、条件：

$$(2-1) \quad P_{iv} < P_{ih}$$

を満足し、光変調素子側に配置されるレンズの少なくとも 1 枚につき、V 方向のパワー： P_{ov} 、H 方向のパワー： P_{oh} が、条件：

$$(2-2) \quad P_{ov} > P_{oh}$$

を満足するように構成することが好ましい（請求項 9）。

【0024】

この発明の画像表示装置は、上記請求項 1～9 の任意の 1 に記載の結像光学系を用い、光変調素子の微小な光変調部の 1 次元状の配列に対応する 1 次元状の像を、表示手段の表示面上に結像し、1 次元状の像と表示面とを「1 次元状の像の長手方向に直交する方向へ相対的に走査する」ことにより、表示面に画像を表示することを特徴とする（請求項 10）。

【0025】

1 次元状の像と表示面とは、1 次元状の像の長手方向に直交する方向へ「相対的に」走査されるので、走査に際しては 1 次元状の像を、その長手方向に直交する方向へ変位させて表示面を走査するようにしても良いし、逆に、1 次元状の像の位置を空間的に固定して表示手段の側を変位させても良く、さらには、像と表示手段の双方を変位させることもできる。

【0026】

また、表示の態様としては「表示手段をスクリーンとし、スクリーンに対して 1 次元状の像の高速走査を繰り返してスクリーン上に 2 次元の画像を表示する」ようにすることもできるし、「空間的に固定された位置に結像される 1 次元状の像に相対的に感光性の表示手段（感光フィルム等）を走査し、感光による像を形

成する」ことにより表示を行うこともできる。

【0 0 2 7】

請求項 1 0 記載の画像表示装置に用いられる光変調素子は「R（赤）色の分光特性をもつ微小な光変調部を 1 次元状に配列してなる R 変調素子、G（緑）色の分光特性をもつ微小な光変調部を 1 次元状に配列してなる G 変調素子、B（青）色の分光特性をもつ微小な光変調部を 1 次元状に配列してなる B 変調素子を、互いに近接して平行に配置されたもの」であることができる（請求項 1 1）。

【0 0 2 8】

この場合「1 次元状の像と表示面との相対的な走査方向における同一の画素結像位置上において、時間的にずらして R、G、B の色を重ねて色の合成を行う」ことができる（請求項 1 2）。この場合、表示面の同一位置に、R、G、B の色が微小時間間隔で表示されるので、画像を観察する観察者には「残像により R、G、B が合成されたカラー画像」が看取される。

【0 0 2 9】

なお、この明細書において上記 R（赤）、G（緑）、B（青）は「カラー画像を構成するのに必要な 3 色」で代表的なものを例示したものである。従って、この発明における上記「カラー画像を構成するのに必要な 3 色」は R、G、B に限定されるものではなく、他の組合せ、例えば「マゼンタ、シアン、イエロー」等を用いることが可能であり、上記 R、G、B は必要に応じて、他の 3 色に読み替えることができる。

【0 0 3 0】

上記請求項 1 0 ～ 1 2 の任意の 1 に記載の画像表示装置は「結像光学系による結像光束を偏向手段により偏向させることにより、1 次元状の像を平面状の表示面に対して走査し、偏向走査される結像光束の像面を、偏向手段と表示面との間に配置された像面湾曲補正光学系により、表示面と実質的に合致させる」ように構成することができる。

【0 0 3 1】

「偏向手段」としては光走査装置に関して広く知られた回転多面鏡等の回転鏡や、ガルバノミラー等の揺動鏡、A O 素子やホログラムスキャナ等を用いること

ができる。

【0032】

この発明の「結像光学装置」は、光変調素子と、結像光学系とを有する（請求項14）。

「光変調素子」は、R変調素子と、G変調素子と、B変調素子を有する。

「R変調素子」は、R（赤）色の分光特性をもつ微小な光変調部を1次元状に配列してなる。

「G変調素子」は、G（緑）色の分光特性をもつ微小な光変調部を1次元状に配列してなる。

【0033】

「B変調素子」は、B（青）色の分光特性をもつ微小な光変調部を1次元状に配列してなる。

【0034】

これらR、G、B変調素子は「互いに（配列方向に直交する方向に）近接して平行に配置」される。

【0035】

「結像光学系」は、光変調素子におけるR変調素子とG変調素子とB変調素子の各々からの光を共通の表示面上に1次元状に結像させる。

そして、少なくとも1色の結像光路の長さを、他の2色の結像光路の長さに対し所定距離異ならせることにより、色収差に起因する縦倍率の差を補正する。

【0036】

この請求項14記載の結像光学装置においては、R変調素子、G変調素子、B変調素子のうちの1つと他の2つとが「結像光学系からの光軸上の物理的長さを異ならせて配置される」ことができる（請求項15）。

【0037】

「物理的長さ」は、装置空間における実際の機械的な距離であり、光学距離と区別される。

【0038】

請求項14記載の結像光学装置においてはまた、R変調素子、G変調素子、B

変調素子をそれぞれ「結像光学系からの、光軸上の物理的長さが同じになるように各光変調部を同一平面に配列」し、R変調素子、G変調素子、B変調素子の光変調部の配列面に近接して透明平行平板を設け、R変調素子、G変調素子、B変調素子の1つに近接する透明平行平板の厚さを、他の2つに近接する透明平行平板の厚さと異ならせることにより「結像光路の長さを相互に補正する」ことができる（請求項16）。

【0039】

即ち、この場合、R、G、B変調素子から結像光学系に至る機械的な距離は互いに等しいが、透明平行平板の厚みの差により、透明平行平板の屈折率に応じて光学的な距離は互いに異なるものとなり、「色収差に起因する縦倍率の差」が補正されるのである。

【0040】

請求項14～16の任意の1に記載の結像光学装置においては、G変調素子とB変調素子に対する結像光路の長さが略等しく、R変調素子の結像光路の長さが、G変調素子とB変調素子に対する結像光路の長さよりも長く設定されることが好ましい（請求項17）。

【0041】

請求項14～17の任意の1に記載の結像光学装置においては、G変調素子が結像光学系の光軸近傍に配置され、R変調素子とB変調素子とが、H方向においてG変調素子を挟むように配置されることができる（請求項18）。

【0042】

請求項19記載の画像表示装置は「光変調素子の微小な光変調部の1次元状の配列に対応する1次元状の像を、表示手段の表示面上に結像し、1次元状の像と表示面とを、1次元状の像の長手方向に直交する方向へ相対的に走査することにより、表示面に画像を表示する画像表示装置」において、光変調素子と結像光学系とで構成される結像光学装置として、請求項14～18の任意の1に記載の結像光学装置を用いたことを特徴とする。

【0043】

なお、請求項17、18に記載の発明においてはR、G、Bは前述の例示では

なく、赤、緑、青を意味する。

【 0 0 4 4 】

若干説明を補足する。

画像表示装置では表示される画像は、液晶プロジェクタに代表されるように、スクリーン上に拡大されて表示されることが多い。このような場合、表示画像を結像する結像光学系の各収差は良好に補正されていなければならない。

【 0 0 4 5 】

例えば、像面湾曲の補正が不充分であると、スクリーン上に表示された画像の周辺部が「ぼやけ」たりするし、歪曲収差の補正が十分でないと表示画像に「歪み」が生じてしまう。また倍率の色収差の補正が十分でないと、カラー画像を表示する場合に表示画像の周辺部に色ずれが現れてしまう。

【 0 0 4 6 】

良く知られたように、結像光学系の設計は、その設計に用いられるパラメータが多いほど設計の自由度が大きく、所望の光学性能を実現し易い。

従来の液晶プロジェクタ等のように、2次元の光変調素子を用いる場合、これを投影レンズ（結像光学系）によりスクリーンに投影するのであれば、投影レンズは当然に光軸に対して回転対称なものであり、非球面を用いるとしてもその形状はレンズ半径に応じて定まるものであり、非球面形状を定めるパラメータとしてはレンズ半径方向の光軸からの距離のみとなる。

【 0 0 4 7 】

請求項 1 ～ 9 に記載の結像光学系は何れも、結像させる対象である「物体」が「微小な光変調部を 1 次元状に配列された光変調素子を物体」であって、実質的に「2 次元的な広がり」を無視できるので、これを結像させるのに光軸に回転対称な結像光学系を用いるのではなく「アナモフィックな光学系」とすることにより、設計パラメータを増大させて設計の自由度を高め、1 次元状の像の「より良好な結像性能」を容易に設計できるようにした。

【 0 0 4 8 】

即ち、請求項 1 記載の結像光学素子は 2 以上の面がアナモフィック面である。
従来の光軸回転対称な形状を「回転非対称」にすることで、V 方向（メリディ

オナル像面)、H方向(サジタル像面)で、収差補正のパラメータの一部を独立に選択でき、設計の自由度が大きくなる。

【0049】

2以上のアナモフィック面はV方向とH方向とで異なる曲率半径を有し、V方向とH方向の結像面を一致させている。このようにすると、結像光学系の結像倍率はV・H両方向で異なるものとなるが、各画素に対応する「微小な光変調部」のサイズを上記V・H方向の各結像倍率の逆比に設定することにより「像面で結像した画素をV・H両方向で同程度のサイズ」とすることができ、上記結像倍率の逆比で光変調素子の画素サイズ(光変調部のサイズ)を決めることができ、光変調素子の製造上に自由度を付加したり、システムの性能向上に利用できる。

【0050】

例えば、光変調素子における「H方向の画素サイズ」が小さくなるように、結像光学系のV・H各方向の結像倍率を設定することにより、1枚のウエハからの光変調素子の取り数を増大することができスループットが改善される。

【0051】

逆に、H方向の「画素サイズが大きくなる」ように結像倍率を設定する(H方向の結像倍率をV方向のものより小さく設定する)ときは、結像の光量を増加でき明るい像が得られる。

【0052】

請求項2記載の結像光学系のように、結像光学系のアナモフィック面の少なくとも1面を「WT面」とすると、湾曲軸トロイダル面のパラメータの設定により「サジタル像面の湾曲」を低減でき、V方向の非円弧形状や他のパラメータでメリディオナル像面湾曲、球面収差、歪曲収差等の補正のウェイトを高くでき良好な光学性能を実現し易い。

【0053】

請求項3記載の結像光学系のように、2面以上のアナモフィック面のうち少なくとも1面を「XZ非円弧面」とすると、H方向に非円弧形状を導入することで「サジタルコマ収差の補正」が可能になり、他のパラメータをメリディオナルコマ収差の補正にウェイトをかけて使用でき、波面収差を低減して高い光学性能を

実現できる。

【0054】

請求項4記載の結像光学系のように、条件(1)を満足させることには以下の如き意義がある。

即ち、条件(1)が満足されると、物体である光変調素子における1画素(光変調部)の形状が正方形であるとき「表示面上に結像された1画素」は、H方向が短辺である長方形になる。一般には表示面上における画素像は正方形であることが望ましく、光変調素子における1画素のH方向サイズをV方向サイズの $|M_h/M_v|$ 倍にすることで実現できる。たとえばLEDアレイのような自己発光型の光変調素子において、「H方向の発光開口部」を大きくすると発光光量を増加でき、印加電圧の低減につながり省エネルギーになる。また非自己発光型で反射型の1次元の光変調素子(例えば、特許文献1記載のもの)では、略上記比で反射光量を増加でき、照明光源のワット数を低減できる。

【0055】

条件(1)は、請求項5記載の結像光学系のように「全系について、V方向の主点位置を、H方向の主点位置よりも光変調素子側に設定する」ことで達成できるが、両方向で「結像光学系の光軸上の位置」は同一であるから、V方向・H方向のパワー配置を変えることで主点位置の制御が可能である。

【0056】

例えば、結像光学系におけるパワー配置の配分のために、V・H方向の一方をテレホトタイプ、他方をレトロフォーカスタイプに構成すると、V方向をレトロフォーカスタイプ、H方向をテレホトタイプのとき主点位置が好ましいものになる。大きな正・負のパワーを配置すると主点位置は有利になるが、スキュウ光線の波面収差の補正などが困難になる。V方向では正のパワーが光変調素子側に、H方向では正のパワーが像面側に配置されるのが好ましい。

【0057】

また、請求項6記載の結像光学系のように、V方向において「光変調素子側を略テレセントリックとする」とすることが望ましい。一般の光変調素子では光放射の指向性はV方向と直交するH方向であるので、テレセントリックが大きくく

ずれると「V方向における中心像高と周辺像高で到達する光量の差が大きくなり、明るさのむらが発生する」ので、明るさの均一性を得るには上記の如く「光変調素子側を略テレセントリックとする」ことが効果的である。この条件は、V方向において物体側に正のパワーを有する光学素子を配置することで実現可能であり、これは請求項5のように「V方向がレトロフォーカスタイプ」とすることと両立できる。

【0058】

請求項7記載の結像光学系のように「結像面側に絞り」を設け、所謂「フロント絞り」にすると、結像光学系に隣接して回転多面鏡等を配置するとき、その光偏向面のV方向をコンパクトに構成でき、画像表示装置のコンパクト化に有利であり、また回転多面鏡の回転能率が小さくなるのでモータの負荷が減少し消費電力を低減でき、発熱や騒音を低減できる。

【0059】

結像光学系の内部に絞りを有する「インナ絞り」も勿論可能で、偏向手段は大型化するものの結像光学系の収差補正は一般に容易になる。

【0060】

請求項8記載の結像光学系のように、複数枚のレンズにより構成し、2以上のレンズにV方向とH方向とで異なる焦点距離を設定し、全系の焦点距離をV方向とH方向とで異ならせることにより「同一の像面上で異なる結像倍率」を実現すると、2以上の「レンズ間隔の離れた2つのレンズ（群）」を選ぶことで、パワーを大きくすることなく倍率差を設定でき、高性能につながる。この場合、2つのレンズ（群）間に「主に光の収束や色収差の補正を行うレンズ（群）」を配置することも可能である。

【0061】

請求項9記載の結像光学系のように、条件（2-1）、（2-2）が満足させることにより、請求項4における「結像倍率の関係」や、請求項5における「主点位置の関係」を満足させることができ、必要な性能を容易に得ることができる。

【0062】

請求項 10 記載の画像表示装置は、液晶プロジェクタ等の面積型の光変調素子を投影結像する方式に比して、光変調素子の製造が容易で低コストで実現でき、結像光学系が薄型になり、画像表示装置としてコンパクトに実現可能である。

【0063】

特に 1 次元の光変調素子の像が画面の垂直方向の 1 ラインを表示するように配置することで、結像光学系の物体の高さが小さくなり、画角も小さくなって小型化に加え性能の獲得が達成し易い。また、V 方向と H 方向での結像倍率の違いを利用することで明るい表示装置を得ることができる。

【0064】

請求項 11 記載の画像表示装置の構成では、面積型の光変調素子に比べ、配列の間隔を製造が容易になるよう適宜設定できる。光変調素子によってはカラーフィルタをオンチップで作成するか、フィルタ部材と接合する方法でコンパクトさを損なわないで実現でき、3 色の光変調素子を同一の照明光学系で照明できる。

【0065】

請求項 14 以下に記載の結像光学装置・画像表示装置では、結像光学系は基本的にレンズ系であって色収差を有することを前提とする。このため R、G、B の各色画像を厳密に同一の像面上に結像させることはできない。周知の如く、色収差の補正は基本的には 2 色について可能であり、他の色を結像の深度内に抑えることが行われるが、表示画像の高密度化に伴い深度が減少し、装置要素に対する許容公差も減少し、加工、組み付けが困難になる。

【0066】

請求項 14 以下の発明においては、少なくとも 1 色に対応する光変調素子が有する光軸上の光路長が他の光変調素子とは異なるように配置し、結像光学系に色収差が残存しても、結像光学系で作られた R、G、B 像の結像位置の差を良好に低減するようにしている。

【0067】

「光路長」は、「物理的長さ」と屈折率の積である。

光軸方向の色による結像位置の差を「 ΔL 」、結像倍率を「 M 」とすると、各色の結像位置を良好に合わせるために、物体側に設定する適正な光路長の差： Δ

p は「 $\Delta p = \Delta L / M^2$ 」で表されるので、拡大像では物体側に、縮小像では像側に「光路長差を設定する手段」を設けると小さな量で実現できる。

【0068】

結像光学系を単レンズで構成した場合、単レンズの色収差は低分散（アッペ数の大きい）の材料を使用することで低減しても残存量は大きく、光路長の差を設定するこの発明の方式を用いて性能向上が可能となる。

【0069】

勿論、レイアウト状の制約を解決できれば「結像光学系をミラー系のみで構成し、色収差を無くす」こともできる。結像光学系を構成するレンズに異常分散ガラスを使い、2次の色収差を低減する方法もあるが、定性的には上述した内容と同じであり、材料が高価なため低コスト化には限界がある。

【0070】

請求項16記載の結像光学装置のように、透明平行平板を用いて光路長の調整を行う場合、透明平行平板の材質の屈折率が n のとき、上記の関係：

$$\Delta p = \Delta L / M^2$$

を満足する板厚： Δd は「 $\Delta d = \Delta p \cdot n / (n - 1)$ 」となる。

【0071】

3色の残存色収差のPV（Peak to Valley）を最小にするのに、RとBの結像面位置を一致させる方法があるが、補正過剰気味の色収差の制御が必要となり、他の収差の補正を困難にし高性能化が難しい。請求項17記載の結像光学装置のように、G変調素子とB変調素子の結像面位置を略一致させると、R変調素子の「像面位置ずれ」は補正不足で小さくならないが、他の収差への影響は小さくできる。

【0072】

3色の光変調素子を用いて良好なカラー画像を表示するとき、G（緑）画像のコントラストや鮮鋭度が重要であることは良く知られており、光量もG画像が他の2色に比べ多いことが望ましい。請求項18記載の結像光学装置のように、G変調素子を光軸近傍に配置し、その両側に、G変調素子を挟んでR変調素子とB変調素子を配置する構成とすると、光軸近傍に配置されるG変調素子からの光に

「結像光学系によるケラレ」が少なく、透過率もよく、像性能も良好に再現しやすく都合が良い。

【 0 0 7 3 】

なお、請求項 1 4 以下の結像光学装置による「色収差に起因する縦倍率の差による各色の画像のずれ」を補正する方法は、勿論、請求項 1 0 ～ 1 3 記載の画像表示装置においても「結像光学系が色収差を持つ場合」には対しても有効であり、これら請求項 1 0 ～ 1 3 記載の画像表示装置にも適用可能である。

【 0 0 7 4 】

なお、上記 R、G、B 変調素子は互いに一体のものでもよいし、別体のものを並列的に配置したものでも良い。

【 0 0 7 5 】

【発明の実施の形態】

以下、実施の形態を説明する。

図 1 は、1 次元状に配置された光変調素子 1 0 を使った画像表示装置の実施の 1 形態を示している。

【 0 0 7 6 】

即ち、図 1 に示すが画像表示装置は、光変調素子 1 0 から放射された、結像光学系 2 0 による結像光束を偏向手段 4 0 により偏向させることにより、1 次元状の像 I M を平面状の表示面 6 0 上に結像し、像 I M の長手方向に直交する方向へ走査して表示する装置であって、偏向走査される結像光束の像面を、偏向手段 4 0 と表示面 6 0 との間に配置された像面湾曲補正光学系 5 0 により、表示面 6 0 と実質的に合致させるようにしたもの（請求項 1 3）である。

【 0 0 7 7 】

光変調素子 1 0 は「自己発光型」のもので、1 次元状に配列された個々の微小な変調部（前述の 1 画素）は、V 方向（図の上下方向）に $20\mu\text{m}$ 、H 方向に $30\mu\text{m}$ の大きさのものであり、R（赤）変調素子・G（緑）変調素子・B（青）変調素子が、H 方向に互いに適宜の間隔で相互に平行に配列している。各色変調素子は「発光の指向方向」が配列方向（V 方向）に直交するようになっている。

【 0 0 7 8 】

結像光学系 2 0 は、光変調素子 1 0 側に配置されて正のパワーを持つ第 1 結像系 2 1 と偏向素子側に配置された第 2 結像系 2 2 を有する。

結像光学系 2 0 は、光変調素子側の V 方向が「略テレセントリック」で、V 方向の結像倍率： M_v と H 方向の結像倍率： M_h の比の絶対値： $|M_v/M_h| = 1.5$ で、像面上に集光された像は正方形の画素になる。上記テレセントリック性は第 1 結像系 2 1 により実現されている。第 2 結像系 2 2 は、第 1 結像系 2 1 と協働して V 方向の「像面湾曲や各像高の波面収差、色収差等」を補正する。像面湾曲補正光学系 5 0 は、（所謂 $f\theta$ 機能により）走査光の等速性を良好にしつつ、偏向走査される結像光束の像面を表示面 6 0 と実質的に合致させる。

【0079】

結像光学系 2 0 の像側には絞り 3 0 が配置され「フロント絞り（逆投影時）」になっている。絞り 3 0 の位置で有効光束が最も収束するので、絞り 3 0 に近接して偏向手段 4 0 を配置することにより、偏向手段の V 方向のサイズを小さく設定できる。

【0080】

偏向手段 4 0 は、この実施の形態において「回転多面鏡」が使用されている。なお、像面湾曲補正光学系 5 0 を「偏向手段 4 0 に近接して配置」することは同光学系 5 0 の寸法的には有利であるが、像面湾曲補正光学系の機能を発揮できるように適宜決められる。

【0081】

R 変調素子・G 変調素子・B 変調素子の各々の物体像である「3 ラインの 1 次元状の像」は表示面 6 0 上に相互に間隔をもって結像され、上記間隔を略保って表示面 6 0 を高速走査する。

【0082】

このように走査される画像を観察すると、観察者は目の残像により「2 次元的なカラー画像」を視認することになる。即ち観察者には「2 次元のカラー画像」が表示されたことになる。

【0083】

図 2 は、「自己非発光型」である反射型の光変調素子 1 0 A を用いた場合の実

施の形態を特徴部分のみ示す図である。即ち、図 2 に示す構成部分は、図 1 に示す画像表示装置における結像光学系 2 0 の物体側（光変調素子 1 0 側）に用いることができる。

【 0 0 8 4 】

光変調素子 1 0 A は、R 変調素子 1 0 R、G 変調素子 1 0 G、B 変調素子 1 0 B を図の如く、H 方向に微小間隔を隔して互いに平行に配列してなっている。

【 0 0 8 5 】

線状の光源 1 1 は「ハロゲン電球等の線状光源」で、各色変調素子 1 0 R、1 0 G、1 0 B の V 方向長さより「やや長」い発光長を有している。

R 変調素子 1 0 R、G 変調素子 1 0 G、B 変調素子 1 0 B は、例えば、特許文献 1 に記載されたものに R、G、B のフィルタを組み合わせたものであり、微小な光変調部である反射面の変形により反射光の向きを変化させて変調を行う。

そして、組合せられたフィルタを透過することにより、結像光学系に入射する光が R、G、B に色づけされる。即ち、光変調素子 1 0 A は「R、G、B の分光特性」を持つ。

【 0 0 8 6 】

各色変調素子における 1 つの光変調部（1 画素）の「反射面形状」は、 $20\mu\text{m}$ （V 方向） $\times 40\mu\text{m}$ （H 方向）、V 方向の配列ピッチ： $21\mu\text{m}$ で 7 6 8 個の光変調部が 1 次元に約 1 6 mm の長さに配列されており、これら各色変調素子は各光変調部が H 方向に略 $40\mu\text{m}$ のスペースを有し、 $80\mu\text{m}$ の間隔で配列するように間隔を設定されている。

【 0 0 8 7 】

また、投影時の「台形歪み（表示面状の像の形状が台形状になる）」を避けるために結像光学系（図 1 の結像光学系 2 0）の光軸に対して 2 ～ 1 8 mm シフトして配置される。

【 0 0 8 8 】

線状の光源 1 1 から放射された光は、円筒状のリフレクタ 1 2 により反射され、シリンドリカルレンズ 1 3 により、光変調素子 1 0 A の位置にスリット状（被照明幅：0. 2 mm であるが、実際にはより広い幅に集光され部品の加工公差や

配置の位置誤差などをカバーするようにする) に集光され、光変調素子 1 0 A の各光変調部により変調されて R、G、B 各色の画像光となる。表示されるべきカラー画像に対する画像信号は、画像信号発生部 2 A で発生され、信号処理部 2 B、駆動信号発生部 2 C を介して光変調素子 1 0 A に印加される。

【0 0 8 9】

反射鏡 1 2 の断面形状は円に限らず、楕円や放物線、高次項を含む非円弧形状でもよい。光変調素子 1 0 からの物体光を結像する結像光学系は、例えば、投影距離：2 0 0 0 mm、1 次元状の像の結像長さ：9 0 0 mm の結像長さが得られるように設定される。

【0 0 9 0】

光変調素子 1 0 における各光変調部の「短辺」を V 方向としているので、投影倍率： $M_v = -56.3$ 、 $M_h = -28.2$ となり、結像光学系は上記の条件で最適化される。図示されない偏向手段 (図 1 参照) は、表示画面中心の縦線を基準に偏反射面が -8.5 度 $\sim +8.5$ 度回転することで、偏向される結像光束 -17 度 $\sim +17$ 度の範囲で偏向され、表示面の走査方向の 1 1 5 3 mm が走査され、走査方向に 1 0 2 4 個の画素が表示される。

【0 0 9 1】

【実施例】

以下、図 1、図 2 に即して説明した実施の形態に使用可能な結像光学系の具体的な実施例を挙げる。

【0 0 9 2】

光軸を X 方向、V 方向を Y 方向、H 方向を Z 方向とし、結像光学系 2 0 を構成するレンズのレンズ面における V 方向断面内の近軸曲率半径： R_v 、H 方向断面内の近軸曲率半径： R_h 、上記各断面内の曲率 ($C_v = 1/R_v$ 、 $C_h = 1/R_h$) を用い、V 方向断面 (X Y 面) の非円弧形状を「非球面形状」として知られた周知の式で、4 \sim 1 0 次までの高次項を用いて、

$$X = C_v \cdot Y^2 / [1 + \sqrt{1 - (K_v + 1) \cdot C_v^2 \cdot Y^2}] + a_4 \cdot Y^4 + a_6 \cdot Y^6 + a_8 \cdot Y^8 + a_{10} \cdot Y^{10}$$

と表現する。

【0093】

前記「WT面」は、2～8次までの高次項を使い

$$C_s = C_h + b_2 \cdot Y^2 + b_4 \cdot Y^4 + b_6 \cdot Y^6 + b_8 \cdot Y^8$$

として、

$$\begin{aligned} X = & C_v \cdot Y^2 / [1 + \sqrt{\{1 - (K_v + 1) \cdot C_v^2 \cdot Y^2\}}] + a_4 \cdot Y^4 + a_6 \cdot Y^6 \\ & + a_8 \cdot Y^8 + a_{10} \cdot Y^{10} \\ & + C_s \cdot Z^2 / [1 + \sqrt{\{1 - (K_h + 1) \cdot C_s^2 \cdot Z^2\}}] \end{aligned}$$

で表現する。

【0094】

「XZ非円弧面」は、4次と6次の高次項を使い

$$\begin{aligned} X = & C_v \cdot Y^2 / [1 + \sqrt{\{1 - (K_v + 1) \cdot C_v^2 \cdot Y^2\}}] + a_4 \cdot Y^4 + a_6 \cdot Y^6 \\ & + a_8 \cdot Y^8 + a_{10} \cdot Y^{10} \\ & + C_s \cdot Z^2 / [1 + \sqrt{\{1 - (K_h + 1) \cdot C_s^2 \cdot Z^2\}}] \\ & + (d_2 \cdot Y^2 + d_4 \cdot Y^4 + d_6 \cdot Y^6 + d_8 \cdot Y^8) \cdot Z^4 \\ & + (e_2 \cdot Y^2 + e_4 \cdot Y^4 + e_6 \cdot Y^6 + e_8 \cdot Y^8) \cdot Z^6 \end{aligned}$$

と表す。なお、実施例では、 $K_v = K_h = 0$ である。

【0095】

実施例1においては、光学系記載の通例に従い「逆投影」で示す。即ち、拡大側である表示面を物体とし、光変調素子の光変調部配列面を「像面」とする。

【0096】

物体距離：2000mm、縮小倍率：約1/50倍で、V方向では1mmの1画素が0.02mmに縮小結像される。

【0097】

実施例1

i	面の説明	Rv	Rh	d	Nd
1	絞り	0.0	0.0	5.38	1.0
2	XZ非円弧面	105.08	8.171	3.12	1.53
3	WT面	28.28	6.62	3.	1.0
4	球面	502.78	502.78	0.7	1.83511

5	球面	22.47	22.47	8.47	1.48749
6	球面	-14.74	-14.74	11.83	1.0
7	WT面	-67.45	29.20	8.3	1.53046
8	XZ非円弧面	-23.28	25.58	30.1	1.0
9	像面（光変調部配列面）				1.0

面の係数

i	2次	4次	6次	8次	10次
2 a		-5.88E-05	-7.72E-07	-9.58E-08	2.20E-09
b	-1.22E-03	-5.31E-05	4.69E-06	-1.13E-07	
d	-3.36E-05	1.21E-05	-1.08E-06	2.76E-08	
e	3.82E-06	-1.46E-06	1.30E-07	-3.29E-08	
3 a		-4.64E-06	-7.32E-07	-2.58E-08	4.08E-10
b	-1.65E-03	-8.52E-08	1.43E-07	-1.61E-10	
8 a		-8.02E-06	6.12E-08	-1.57E-08	4.08E-10
b	-1.25E-04	-2.08E-07	7.22E-10	6.58E-13	
9 a		-7.30E-06	2.20E-08	-2.90E-11	-2.10E-14
b	-1.17E-04	-2.09E-07	-2.98E-10	1.87E-12	
d	-5.69E-06	1.01E-07	-3.60E-10	3.65E-13	
e	2.50E-06	-3.92E-08	1.62E-10	-2.10E-13	

上のデータにおいて例えば「E-08」は「 10^{-8} 」を意味し、この数が直前の数値にかかる。

【0 0 9 8】

$$M_v = -73.93, M_h = -59.16, |M_v / M_h| = 1.25$$

$$P_{iv} = P_{iv}(L1) = -0.014, P_{ih} = P_{ih}(L1) = -0.005$$

$$P_{ov} = P_{ov}(L4) = 0.016, P_{oh} = P_{oh}(L4) = -0.0005$$

図3は実施例1の結像光学系の構成図であり、(a)はV方向断面図、(b)はH方向断面図で、図の右側が光変調素子側である。符号L1～L4はレンズ、符号Sは絞りを示している。レンズL1とL4は「両面とも特殊なアナモフィック面」を有し、接合されたレンズL2、L3は球面レンズである。

【0099】

図4は、実施例1に関する「d線についての像面湾曲と歪曲収差」を示す。

【0100】

図5は「逆投影した光変調素子側」における周波数：23.8本/mmのMTFを示す。光変調素子の光軸からの位置が、2mm、10mm、18mmで、破線はV方向、実線はH方向を示す。

【0101】

即ち、実施例1の結像光学系は、微小な光変調部を1次元状に配列された光変調素子を物体とし、この光変調素子からの光束を物体光として導光し、像面上に1次元状に結像させる結像光学系であって、光変調部の配列方向であるV方向と、物体面上でV方向と直交するH方向とで異なる曲率半径を有するアナモフィック面を2面以上（ $i=2, 3, 7, 8$ ）有し、V方向とH方向との結像面が一致するように構成されたもの（請求項1）で、2面以上のアナモフィック面のうち少なくとも1面（ $i=3, 7$ ）が、V方向断面内に非円弧形状を有し、H方向断面内の形状の曲率中心をV方向に連ねた曲率中心線が曲線となる湾曲軸トロイダル面（WT面）を有し（請求項2）、2面以上のアナモフィック面のうち少なくとも1面（ $i=2, 8$ ）が、V方向断面内に非円弧形状を持つと共に、H方向断面が非円弧形状を有し、このH方向断面の非円弧形状がV方向の座標に応じて変化する形状（XZ非円弧面）である（請求項3）。

【0102】

また、V方向の結像倍率： $M_v = -79.93$ 、H方向の結像倍率： $M_h = -59.16$ は条件：

$$(1) \quad |M_v / M_h| = 1.25 > 1$$

を満足し（請求項4）、全系について、V方向の主点位置が、H方向の主点位置よりも光変調素子側に設定され（請求項5）、V方向において、光変調素子側が略テレセントリックである（請求項6）。

【0103】

結像面側には絞りSを有し（請求項7）、複数枚のレンズL1～L4により構成され、2以上のレンズL1、L4がV方向とH方向とで異なる焦点距離を有し

、全系の焦点距離がV方向とH方向とで異なり、同一の像面上で異なる結像倍率を有する（請求項8）。結像面側に配置されるレンズの少なくとも1枚L4は、V方向のパワー： P_{iv} 、H方向のパワー： P_{ih} が、条件：

$$(2-1) \quad P_{iv} < P_{ih}$$

を満足し、光変調素子側に配置されるレンズの少なくとも1枚L1は、V方向のパワー： P_{ov} 、H方向のパワー： P_{oh} が、条件：

$$(2-2) \quad P_{ov} > P_{oh}$$

を満足する。

【0104】

従って、実施例1の結像光学系を、図1、2に即して説明した画像表示装置の結像光学系として用いたものは、請求項1～9の任意の1に記載の結像光学系を用い、光変調素子10の微小な光変調部の1次元状の配列に対応する1次元状の像を、表示手段の表示面60上に結像し、1次元状の像と表示面とを、1次元状の像の長手方向に直交する方向へ相対的に走査することにより、表示面60に画像を表示する画像表示装置（請求項10）であって、光変調素子10、10Aが、R（赤）色の分光特性をもつ微小な光変調部を1次元状に配列してなるR変調素子、G（緑）色の分光特性をもつ微小な光変調部を1次元状に配列してなるG変調素子、B（青）色の分光特性をもつ微小な光変調部を1次元状に配列してなるB変調素子を、互いに近接して平行に配置されたものであり（請求項11）、結像光学系20による結像光束を偏向手段40により偏向させることにより、1次元状の像IMを平面状の表示面60に対して走査し、偏向走査される結像光束の像面を、偏向手段40と表示面60との間に配置された像面湾曲補正光学系50により表示面60と実質的に合致させる（請求項13）。

【0105】

なお、図1、2の実施の形態において、1次元状の像と表示面との相対的な走査方向における同一の画素結像位置上において、時間的にずらしてR、G、Bの色を重ねて色の合成を行うこともできる（請求項12）。

【0106】

【発明の実施の形態】

以下に、請求項 14 以下の発明に関する実施の形態を説明する。

図 6 は、請求項 19 記載の画像表示装置を「光プリンタ」として実施したものの 1 形態を概念的に示す図である。

【0107】

即ち、光変調素子 100 の微小な光変調部の 1 次元状の配列に対応する 1 次元状の像 IM を、表示手段の表示面 300 上に結像し、1 次元状の像 IM と表示面 300 とを、1 次元状の像 IM の長手方向に直交する方向（矢印方向）へ相対的に走査することにより、表示面 300 に画像を表示する画像表示装置であって、光変調素子 100 と結像光学系 200 とで構成される結像光学装置している。

【0108】

表示部の表示面 300 は 1 次元状の画像 IM の走査による 2 次元画像により露光され、記録される。このように記録された画像を可視化することにより「表示画像」が得られる。

【0109】

光変調素子 100 は、自己発光型の R、G、B 変調素子 110、120、130 により構成されている。R 変調素子 110 は R（赤）色光を放射する光変調部（画素）を V 方向に 1 列に配列したものであり、G 変調素子 120 は G（緑）色光を放射する光変調部（画素）を V 方向に 1 列に配列したもの、B 変調素子 130 は B（青）色光を放射する光変調部（画素）を V 方向に 1 列に配列したものである。

【0110】

結像光学系 200 は「単レンズ」で、R、G、B 変調素子 110、120、130 における光変調部の各配列面の「結像光学系 200 からの光軸方向の距離」を互いに異ならせることにより、これらから放射される R、G、B 色光の結像面が「結像光学系 200 の色収差」に拘わらず、表示面 300 上で合致するように構成されている。

【0111】

即ち、前述したように、表示面 300 上で各色の結像位置を良好に合わせるために、物体側に設定する適正な光路長の差： Δp は「 $\Delta p = \Delta L / M^2$ 」で表さ

れるので、物体側に「光路長差を設定する手段」として、R、G、B変調素子110、120、130における光変調部の各配列面の「結像光学系200からの光軸方向の距離」に Δp の差を設けることにより、各色の1次元状の像が表示面300上に結像するようにしている。

【0112】

図6に示す実施の形態における結像光学装置は、光変調素子100と結像光学系200により構成されるが、この結像光学装置は「光変調素子における各色の結像光路の長さを異ならせることにより、色収差に起因する縦倍率の差を補正したもの」であり（請求項14）、R変調素子、G変調素子、B変調素子は互いに結像光学系200からの光軸上の物理的長さを異ならせて配置されている（請求項15）。

【0113】

図7は、請求項16記載の結像光学系の、実施の1形態の光学配置例を示している。符号100Aは、光変調素子における光変調部の配列面を示している。

【0114】

光変調素子100Aは、例えば、液晶シャッタアレイで、 $10\mu\text{m}$ 四方の画素（シャッタ）を1列方向に1536個並べたものを3列「互いに平行且つ近接させて並列」させたものであり、背後から「白色面光源」で照明される。シャッタを透過した光はカバーガラス400を透過して結像光学系200Aに入射する。

カバーガラス400はR（C線：656.27nm）、G（e線：546.07nm）、B（g線：435.83nm）に色分解するため、光変調部の各配列の前面に対応する色のカバーガラスを配置したものとなっている。

【0115】

H方向におけるR、G、B画素の配列は、G部分が結像光学系200Aの光軸近傍に配置され、R部分とB部分とが、H方向においてG変調素子を挟むようになっている。

【0116】

結像光学系200Aは焦点距離：32mmであり、1.34m離れた表示面300A上に倍率：40倍で光変調素子からの光を結像させる。従って、表示面3

00A上における1画素の大きさは0.4mm四方である。R、G、B変調素子に「同じ厚さのカバーガラス」を使った場合、結像面ではGを基準として、GとBの「結像位置のずれ（縦倍率のずれ）」は少なく、 $\Delta L(B \sim G) = 3.3\text{ mm}$ であるが、GとRの縦倍率のずれは $\Delta L(R \sim G) = 60.8\text{ mm}$ と大きい。

前述の式「 $\Delta p = \Delta L / M^2$ 」において、 ΔL として Δp を算出すると、 $\Delta p(B \sim G) = 0.002\text{ mm}$ 、 $\Delta p(R \sim G) = 0.038\text{ mm}$ である。

【0117】

そこで、 $\Delta L(B \sim G)$ は無視し（このように無視しても、表示画像に実質的な劣化は生じない）、 $\Delta p(R \sim G)$ の光路差をカバーガラスの厚みで補正するようにする。

【0118】

カバーガラスの材質の屈折率を $n = 1.52$ とすると、カバーガラス400のG、B部分の厚さの差： $\Delta d(B \sim G) = 0.006\text{ mm}$ 、R、G部分の厚さの差： $\Delta d(R \sim G) = 0.111\text{ mm}$ となる。カバーガラス400において、B部分とG部分の厚さの差： $\Delta d(B \sim G)$ は無視して、これらの部分ではカバーガラス400の厚さを「同じ厚さ」とし、R部分のみ、厚さ：0.111mmだけ薄くする。このようにすることにより、表示面300Aを「R、G、Bの各色の1次元状の像の像面」と実質的に一致させることができる。

【0119】

図7に示した実施の形態における、結像光学系200Aのレンズ構成のデータを実施例2としてあげる。実施例2において、屈折率： N_d とアッベ数： ν_d は通例に従いd線で示す。

【0120】

実施例2においても、収差補正のため非球面を使用しているが、この例は近軸色収差の説明であり、非球面による影響はないので非球面のデータは記載を省略する。レンズ面は各面とも光軸に関して回転対称で、Rは近軸曲率半径、Dは面間隔を表す。面番号：1～10は、図7の左側、即ち物体側からの順番である。

【0121】

【実施例】

実施例 2

No.	R	D	N d	ν d
1	40.8	11.6	1.58913	61.3
2	-54.0	21.1	1.0	
3	33.1	8.6	1.6968	55.5
4	-44.5	0.2	1.0	
5	-66.5	0.7	1.83634	33.7
6	32.3	0.6	1.0	
7	15.47	5.4	1.53046	55.8
8	20.6	4.0	1.0	
9	30.4	3.8	1.53046	55.8
10	-731.0		1.0	。

【0 1 2 2】

図 8 に結像面側における B 基準の像面位置の差をグラフで示す。この結像位置の差が、前述のカバーガラス 4 0 0 の「厚さの差」により補正されるのである。

【0 1 2 3】

図 7 に実施の形態を示す画像表示装置は、R（赤）色の分光特性をもつ微小な光変調部を 1 次元状に配列してなる R 変調素子（赤色分解用カバーガラスを設けられた部分）と、G（緑）色の分光特性をもつ微小な光変調部を 1 次元状に配列してなる G 変調素子（緑色分解用カバーガラスを設けられた部分）と、B（青）色の分光特性をもつ微小な光変調部を 1 次元状に配列してなる B 変調素子（青色分解用カバーガラスを設けられた部分）とを、互いに近接して平行に配置された光変調素子 4 0 0 と、この光変調素子における R 変調素子と G 変調素子と B 変調素子の各々からの光を共通の表示面 3 0 0 A 上に 1 次元状に結像させる結像光学系 2 0 0 A とを有し、少なくとも 1 色（R）の「結像光路の長さ」を、他の 2 色（G、B）の結像光路の長さと所定距離異ならせることにより、色収差に起因する縦倍率の差を補正したもの（請求項 1 4）で、R 変調素子、G 変調素子、B 変調素子はそれぞれ、結像光学系 2 0 0 A からの光軸上の物理的長さが同じになるように各光変調部が同一平面に配列され、R 変調素子、G 変調素子、B 変調素子

の光偏向部の配列面に近接して透明平行平板（カバーガラス）400が設けられ、R変調素子、G変調素子、B変調素子の1つに近接する透明平行平板（R部分）の厚さを、他の2つに近接する透明平行平板（G、B部分）の厚さと異ならせることにより、結像光路の長さを相互に補正したものであり（請求項16）、G変調素子とB変調素子に対する結像光路の長さが略等しく、R変調素子の結像光路の長さが、G変調素子とB変調素子に対する結像光路の長さよりも長く設定されており（請求項17）、G変調素子が結像光学系200Aの光軸近傍に配置され、R変調素子とB変調素子とが、H方向においてG変調素子を挟むように配置されたもの（請求項18）である。

【0124】

図7の如き光学配置を、図1における偏向手段40の光源側に用い、結像光束を偏向走査して表示面上に2次元のカラー画像を表示できる。このとき表示面上には、V方向に1536画素、H方向に1028画素のカラー画像が表示される（請求項19）。

【0125】

図9は、この発明の画像表示装置に好適に用いることのできる光変調素子の1例を説明図的に示している。この光変調素子の要部は、特許文献1に記載されたものである。製造方法、材質、駆動原理等に関しては特許文献1に詳しく説明されている。図9は、光変調素子における1つの光変調部を示している。

【0126】

図9（a）において、誘電性の基板90の平面状部分に断面が「浅いV字状の窪み」が形成され、その底部に駆動用の微小な電極91が形成されている。「窪み」を塞ぐように、誘電性の薄膜93が図の左右方向両端部を固定されて「両持ち梁状」に形成され、薄膜93上に反射膜94が形成されている。

【0127】

図9（a）は「変調信号がオフの状態」である。この状態で照明光L0が反射膜94に入射しても、反射光は遮光板95に遮光される。

【0128】

図9（b）は「変調信号がオンの状態」である。変調信号により電極91に電

圧が印加されると、発生する電界の作用により薄膜 93 が図のように「窪みに倣う」ように変形する。このとき、反射膜 94 が傾斜し、照明光 L0 の入射角が大きくなる。その結果、反射光の向きは図 9 (a) の状態よりも時計回りに変位し、遮光板 95 に形成された微小なアパーチャ（結像光学系に対する物体としての 1 画素に当たる）を透過し、カラーフィルタ 96 を透過して色分解される。

【0129】

このようにして「色分解されて変調信号に従う光」が得られる。図 9 に示すような光偏向部を図面に直交する方向へ所定のピッチで例えば 3 列に配列（その場合、遮光板は各列に共通に設けられ、カラーフィルタは、各列ごとに、各列に配列した光変調部に共通して設けられる）すれば、上に説明した光変調素子に類するものを構成することができる。

【0130】

【発明の効果】

以上に説明したように、この発明によれば新規な画像表示装置および結像光学装置および画像表示装置用の結像光学系を実現できる。

この発明の結像光学系は「微小な光変調部を 1 次元に配列した光変調素子」からの光を表示面に結像させるのに適しており、この結像光学系と光変調素子を用いる画像表示装置や結像光学装置はコンパクトで、良好な表示画像、特に良好なカラー画像を表示できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

画像表示装置の実施の 1 形態を説明するための図である。

【図 2】

図 1 の実施の形態における光源側部分として使用可能な自己非発光型の光変調素子とその照明系を説明するための図である。

【図 3】

図 1、図 2 の実施の形態において使用可能な結像光学系の実施例（実施例 1）を説明するための図である。

【図 4】

実施例 1 に関する収差図である。

【図 5】

実施例 1 に関する M T F 図である。

【図 6】

画表示装置の実施の別形態を説明するための図である。

【図 7】

請求項 1 4 記載の結像光学装置の実施の 1 形態を説明するための光学配置図である。

【図 8】

図 7 の実施の形態に用いられる結像光学系の実施例（実施例 2）に関する色収差に基づく R、G、B 3 色の結像位置を示す図である。

【図 9】

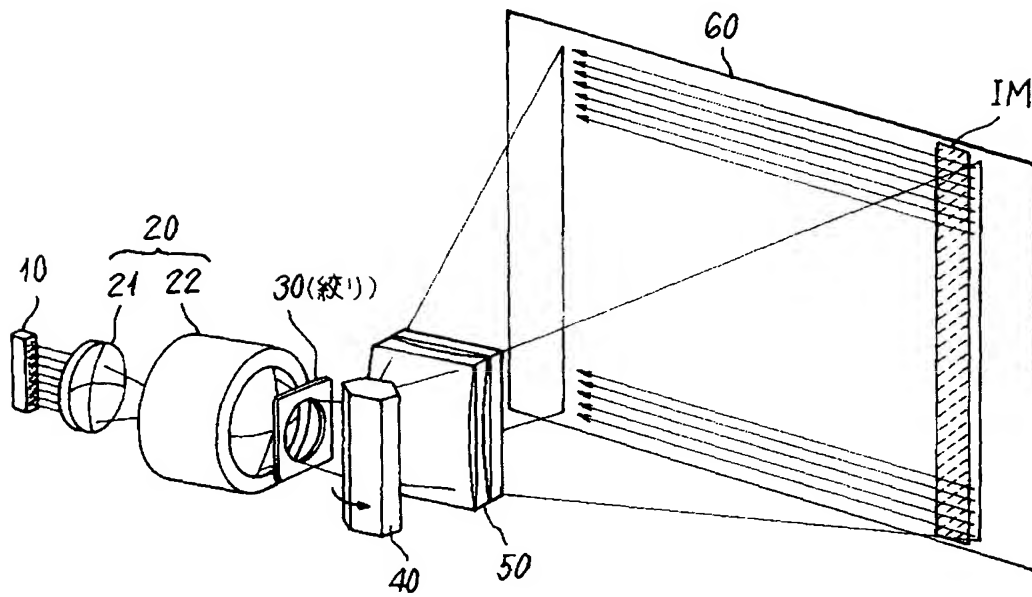
光変調素子の 1 例を説明するための図である。

【符号の説明】

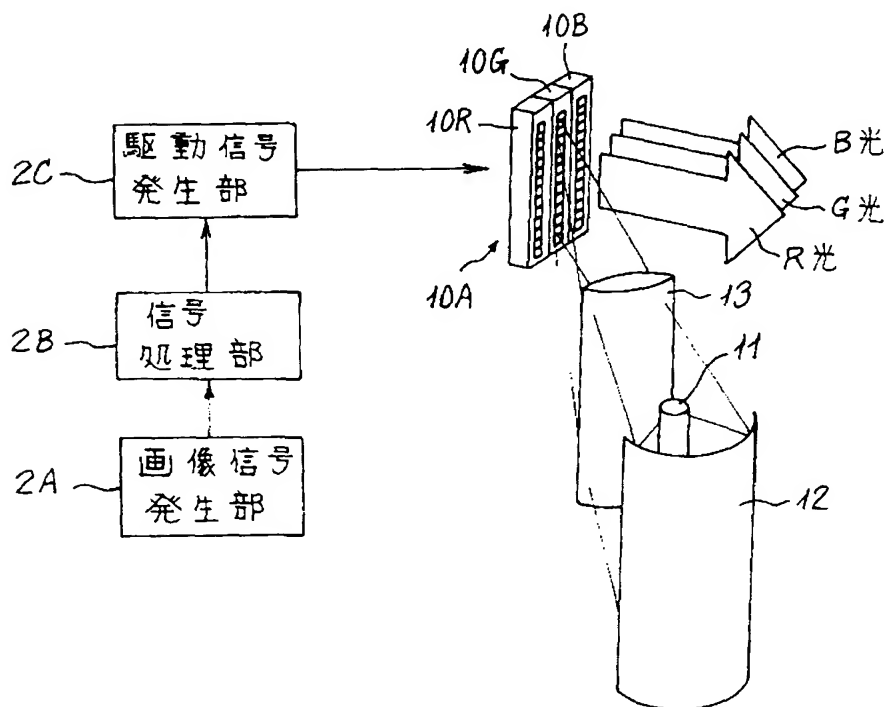
1 0	光変調素子
2 0	結像光学系
3 0	絞り
4 0	偏向手段
5 0	像面湾曲補正光学系
6 0	表示面

【書類名】 図面

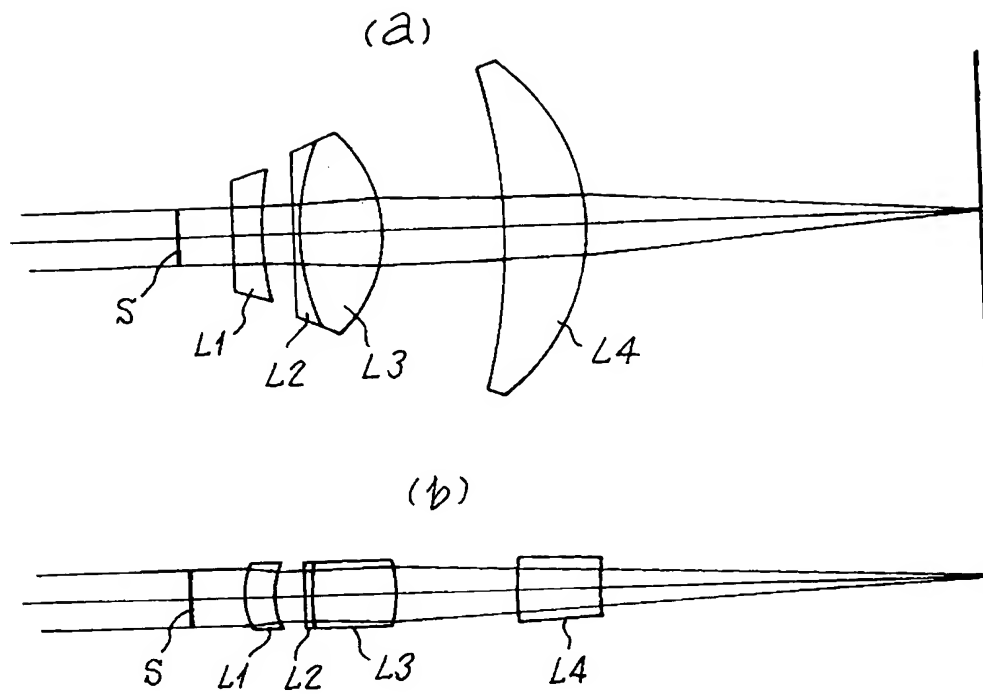
【図 1】



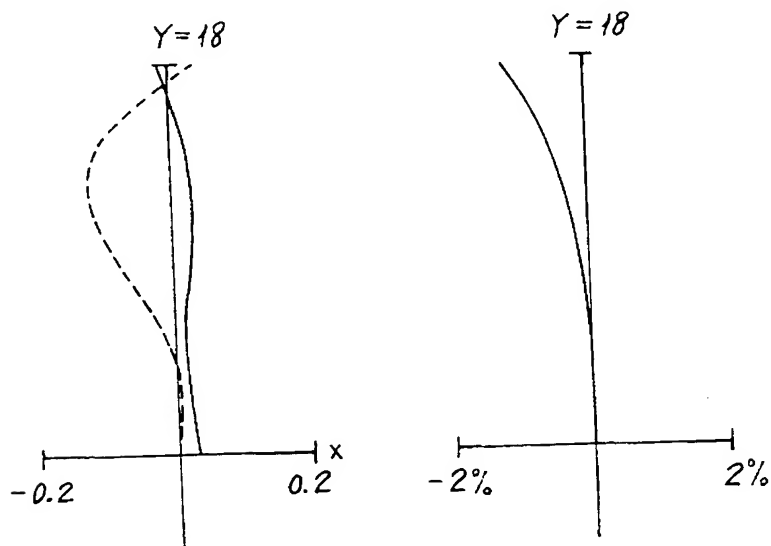
【図 2】



【図 3】



【図 4】



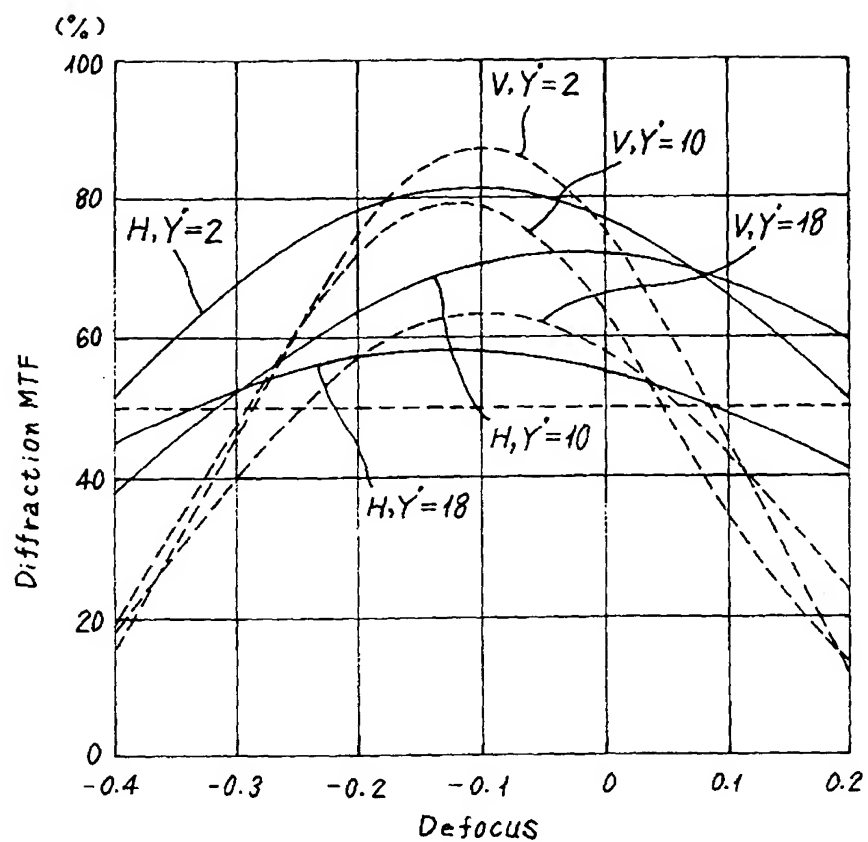
像面弯曲

歪曲収差

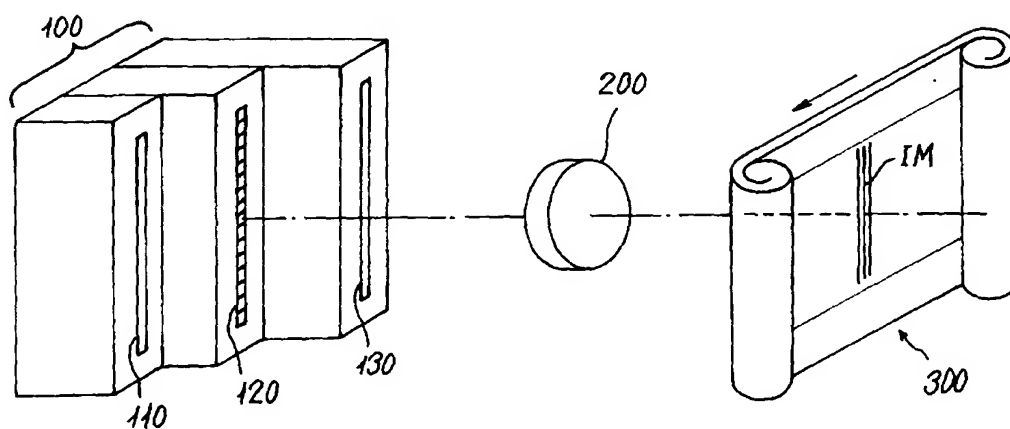
破線: V 方向

実線: H 方向

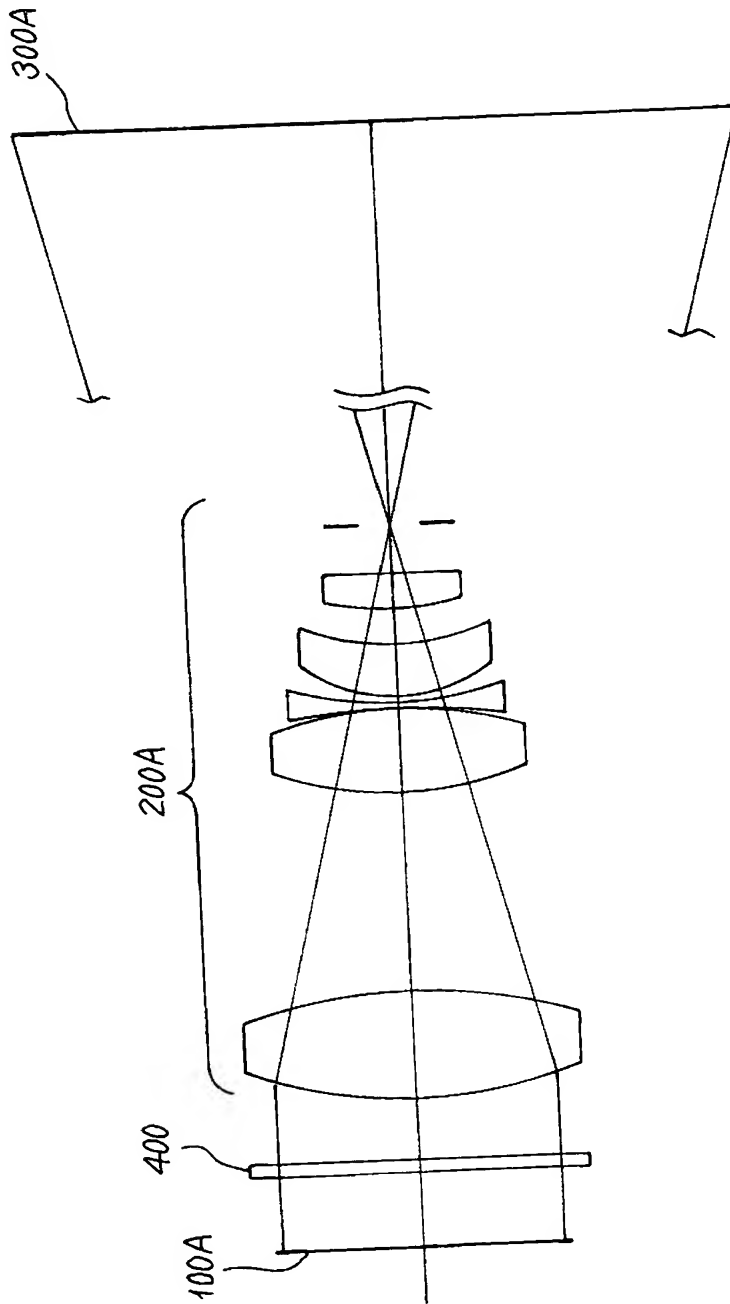
【図 5】



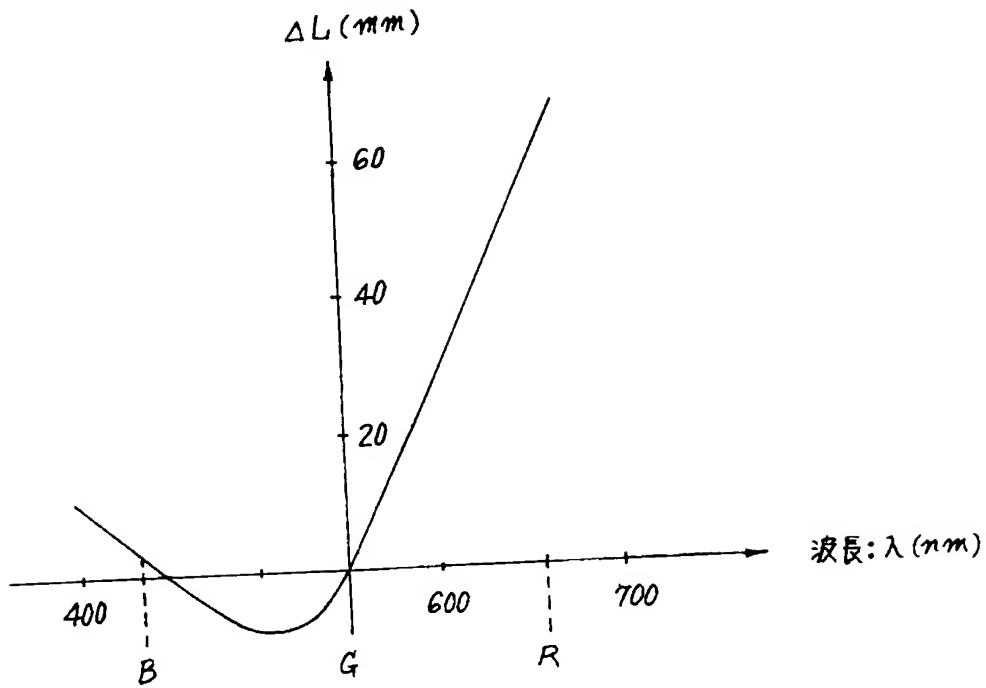
【図 6】



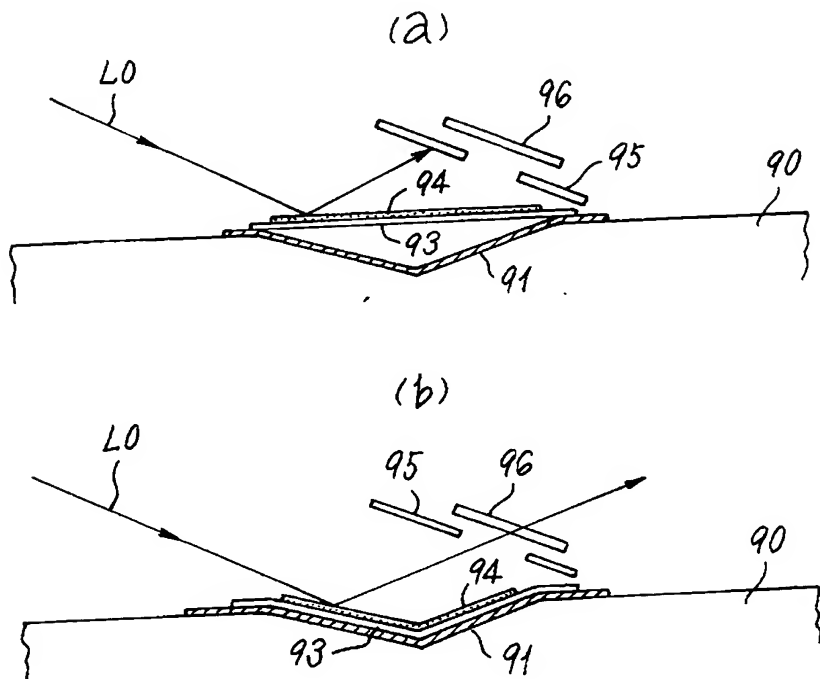
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 微小な光変調部を 1 次元に配列した光変調素子 10 からの光を表示面に結像させるのに適した結像光学系を実現する。

【解決手段】 微小な光変調部を 1 次元状に配列された光変調素子 10 を物体とし、この光変調素子 10 からの光束を物体光として導光し、像面 60 上に 1 次元状に結像させる結像光学系 20 であって、光変調部の配列方向である V 方向と、物体面上で上記 V 方向と直交する H 方向とで異なる曲率半径を有するアナモフィック面を 2 面以上有し、上記 V 方向と H 方向との結像面が一致するように構成されている。

【選択図】 図 1

特願 2002-274724

出願人履歴情報

識別番号

[000006747]

1. 変更年月日
[変更理由]
住 所
氏 名

1990年 8月24日
新規登録
東京都大田区中馬込1丁目3番6号
株式会社リコー

2. 変更年月日
[変更理由]
住 所
氏 名

2002年 5月17日
住所変更
東京都大田区中馬込1丁目3番6号
株式会社リコー